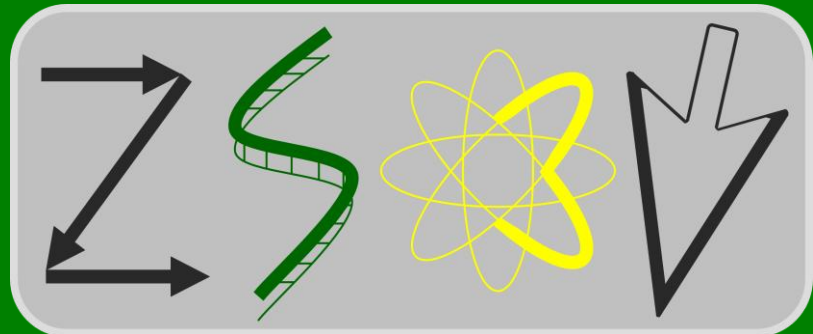


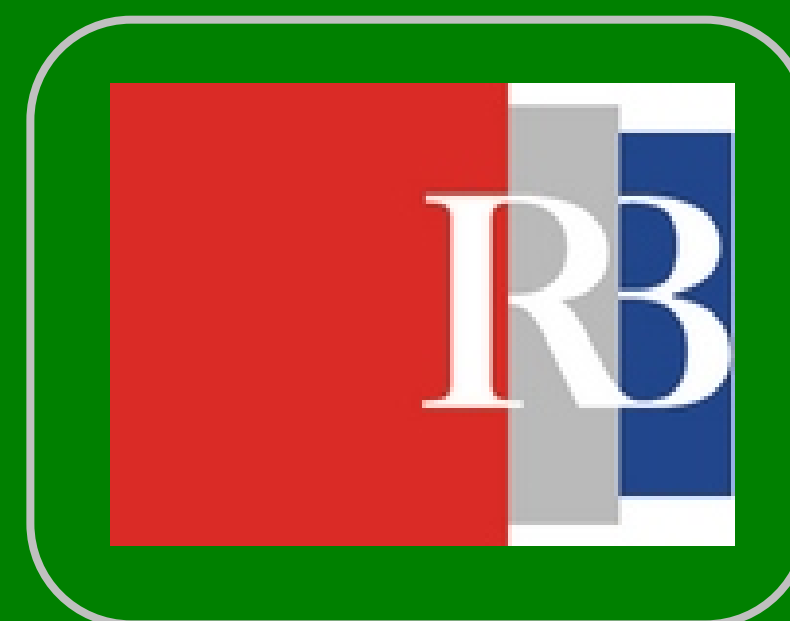
238U U SEDIMENTIMA KAŠTELANSKOG ZALJEVA



OKOLIŠ

I. Lovrenčić Mikelić

Zavod za istraživanje mora i okoliša/Laboratorij za radioekologiju



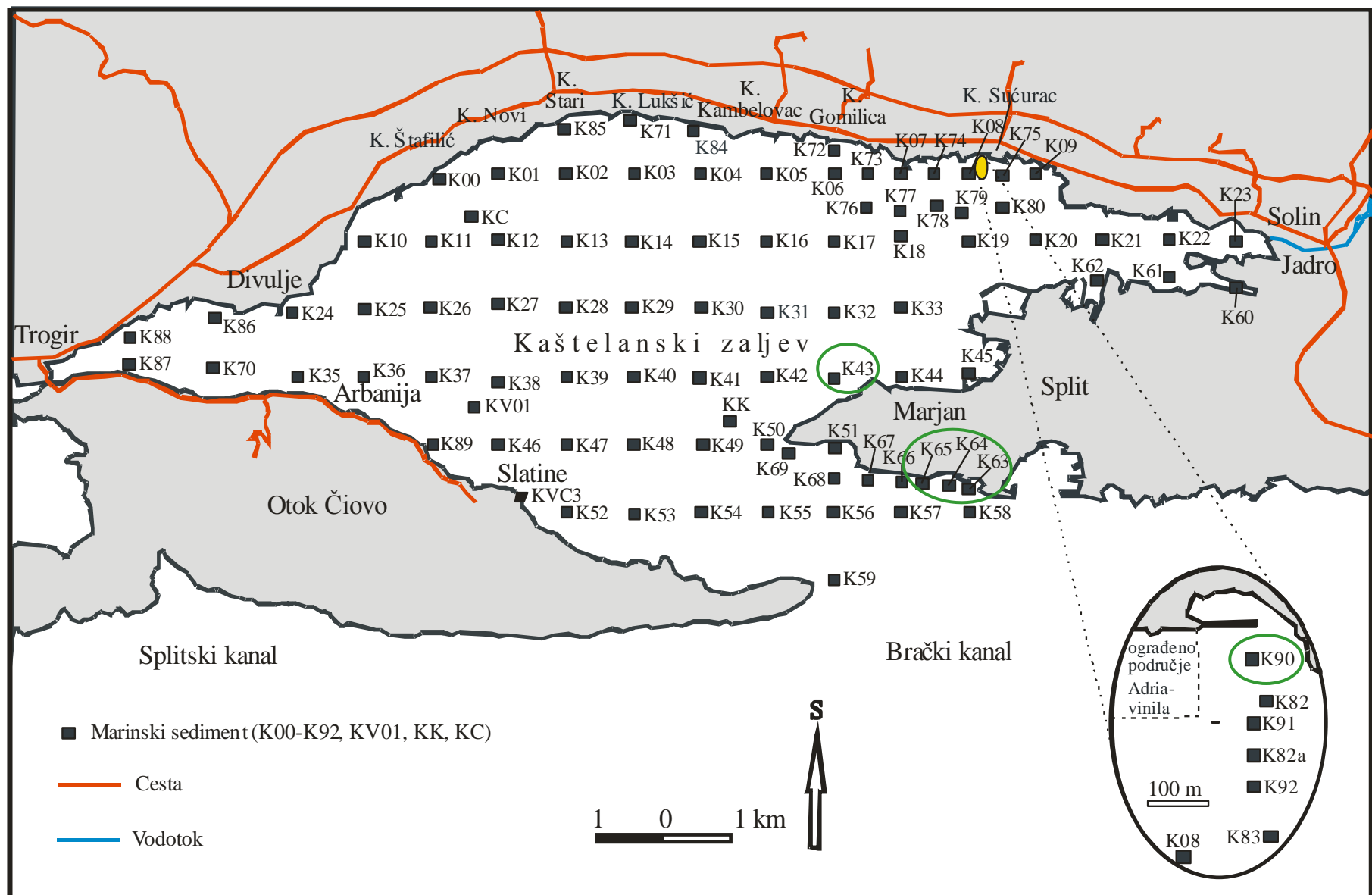
UVOD

Obalni pojas Kaštelanskog zaljeva je najveća urbana aglomeracija na Jadranskoj obali. Od 50-ih godina 20-og stoljeća ovo je područje intenzivno industrijalizirano i urbanizirano. Jedan od najvažnijih industrijskih izvora onečišćenja u zaljevu je nekadašnja tvornica „Adriavinil”. Do sada je ova tvornica označavana uglavnom kao najvažniji izvor žive u zaljevu. Međutim, tek u novije vrijeme je zaključeno da tvornica predstavlja i izvor onečišćenja radionuklidima, tj. ^{238}U i ^{226}Ra (Orescanin *et al.*, 2005). U termoelektrani tvornice kao gorivo se koristio ugljen s povišenim aktivnostima urana i njegovih prirodnih produkata raspada. Izgaranjem tog ugljena ostaju pepeo i šljaka koji mogu biti obogaćeni ^{238}U i ^{226}Ra i nekoliko puta u odnosu na ugljen. Stoga je taj otpadni materijal klasificiran kao tehnološki obogaćen prirodno radioaktivni materijal, tj. TENORM (eng. *Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material*). Dio pepela i šljake je odložen na odlagalište i zaštićen, dok je dio nasut u more.

Najveći dio doze koju čovjek primi iz prirode potječe od ^{40}K i radionuklida iz raspadnih nizova ^{232}Th i ^{238}U (Al-Jundi, 2002; Navas *et al.*, 2002; Ababneh *et al.*, 2009). Posebno je važan ^{226}Ra iz uranovog raspadnog niza čijim raspadom nastaje plin ^{222}Rn . Relativno dugo vrijeme poluraspada ^{222}Rn i plinovito agregatno stanje omogućavaju njegovu inhalaciju i unutarnje ozračivanje organizma. Zbog nekontroliranog odlaganja TENORM-a u zaljevu i kemijske i radiološke opasnosti koju predstavlja ^{238}U , proučena je njegova raspodjela u sedimentima Kaštelanskog zaljeva u osam slojeva^{*} do dubine 50 cm.

MATERIJALI I METODE

Sedimenti su uzorkovani gravitacijskom udarnom sondom („korerom”) ili autonomnim ronjenjem ručnim plastičnim korerom u pravilnoj mreži 1×1 km, osim oko tvornice „Adriavinil” gdje je uzorkovano u mreži 500×500 m. U blizini ograđenog područja „Adriavinila” je uzorkovano po profilu dužine oko 300 m, koji se sastoji od šest postaja. Sveukupno je uzorkovano na 95 postaja (Slika 1). Uzorkovano je do 50 cm dubine kad god je to bilo moguće, a sedimentne jezgre su segmentirane po dubini na osam segmenata ili poduzoraka što čini ukupno 604 uzorka sedimenta. Segmentirani poduzorcji su spremljeni u označene plastične vrećice i transportirani u laboratorij.



Slika 1. Karta postaja uzorkovanja sedimenata Kaštelanskog zaljeva;
○ - postaje s povišenim masenim aktivnostima ^{238}U

Uzorci su preko noći sušeni u sušioniku na 105°C, a zatim su mljeveni u mlinu s ahatnim kuglicama ili usitnjeni u tarioniku, homogenizirani te spremljeni u plastične kutijice volumena 125 cm³ i izvagani.

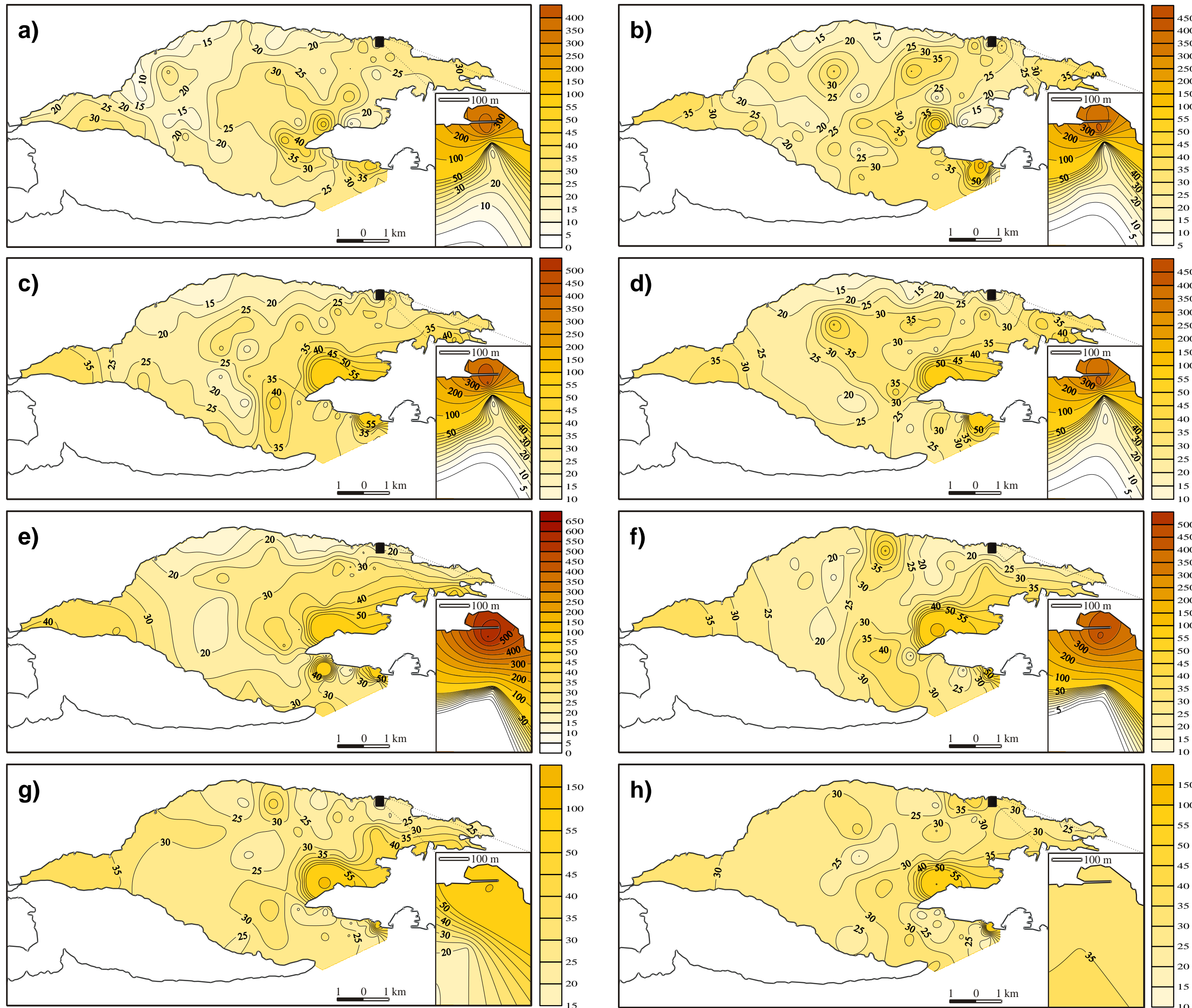
Provedena je radiometrijska analiza uzoraka gama-spektrometrijom pomoću ultračistih germanijevih poluvodičkih detektora (HPGe) spojenih na višekanalne analizatore s 8192 kanala (Canberra Industries). Spektri su prikupljeni 80 000 s i analizirani programskim paketom Genie 2000 (Canberra Industries). Sve aktivnosti su određivane u odnosu na referentni datum 6.6.2005.

Aktivnost ^{238}U izračunata je posredno preko aktivnosti ^{234}Th pod pretpostavkom da su ova dva radionuklida u sekularnoj ravnoteži. Za to su korišteni vrhovi ^{234}Th na energijama 63,29 keV i 92,6 keV iz kojih je izračunata ponderirana prosječna aktivnost ^{238}U . Od vrha na 63,29 keV je oduzet interferencijski doprinos gama zraka ^{232}Th , koji je određen preko vrha ^{228}Ac na 338,32 keV (Papachristodoulou *et al.*, 2003). Od vrha na 92,6 keV oduzet je doprinos $\text{K}\alpha_1$ rendgenskih zraka ^{228}Ac .

Za prikazivanje površinske prostorne raspodjele, tj. raspodjele po slojevima korišten je računalni program Surfer, verzija 8.00 (Golden Software, Inc.), a za interpolaciju podataka primjenjena je metoda kriginga.

REZULTATI**

Na slici 2 je prikazana raspodjela masenih aktivnosti ^{238}U u osam slojeva sedimenta do dubine 50 cm. Raspon masenih aktivnosti je 6,7 – 603 Bq/kg, srednja vrijednost 34 Bq/kg, a medijan 28 Bq/kg. Najviša aktivnost je određena u sloju 5 (dubina 20 – 25 cm) na postaji K90 pored tvornice „Adriavinil”.



Slika 2. Karta prostorne raspodjele masenih aktivnosti ^{238}U u sedimentima Kaštelanskog zaljeva u osam slojeva dubine 0 - 50 cm; **a)** Sloj 1 (0 - 5 cm); **b)** Sloj 2 (5 - 10 cm); **c)** Sloj 3 (10 - 15 cm); **d)** Sloj 4 (15 - 20 cm); **e)** Sloj 5 (20 - 25 cm); **f)** Sloj 6 (25 - 30 cm); **g)** Sloj 7 (30 - 40 cm); **h)** Sloj 8 (40 - 50 cm); Masene aktivnosti su izražene u Bq/kg.

Masene aktivnosti ^{238}U u sedimentima Kaštelanskog zaljeva su uglavnom tipične za marinske sedimente. Međutim, povišene aktivnosti ^{238}U su opažene na pet postaja (K43, K63, K64, K65 i K90) (Slika 1). Četiri postaje se nalaze oko splitskog poluotoka (K43, K63, K64 i K65), a jedna pored tvornice „Adriavinil” (K90). Umjereno povišene masene aktivnosti (62 – 191 Bq/kg) su utvrđene na postajama oko splitskog poluotoka i u najdubljem sloju (sloj 7, dubina 30 – 40 cm) na postaji K90 pored „Adriavinila”. Ove aktivnosti su 3 – 10 puta povišene u odnosu na aktivnost tipičnog obalnog jadranskog sedimenta (18,2 Bq/kg) (Orescanin *et al.*, 2005) i 1,5 – 5 puta u odnosu na aktivnost prosječnog sedimenta Kaštelanskog zaljeva (38,8 Bq/kg). Vrlo povišene masene aktivnosti (392 – 603 Bq/kg) su registrirane samo na postaji K90 pored tvornice „Adriavinil” u slojevima 1 – 6 (dubina 0 – 30 cm). U usporedbi s aktivnosti tipičnog obalnog jadranskog sedimenta, aktivnosti u šest slojeva na ovoj postaji su 22 – 33 puta povišene, a u usporedbi s prosječnim sedimentom Kaštelanskog zaljeva 10 – 16 puta.

ZAKLJUČAK

Utvrđeno je da u Kaštelanskom zaljevu postoje lokalizirano povišene masene aktivnosti ^{238}U , koje se mogu pripisati antropogenom djelovanju, tj. odlaganju TENORM-a u blizini tvornice „Adriavinil” (K90) i nasipavanju južne obale splitskog poluotoka (K63, K64, K65). Anomalija na postaji K43 je također vjerojatno antropogenog porijekla, ali izvor nije utvrđen.

CITIRANA LITERATURA

- Ababneh, A. M., Masa'deh, M. S., Ababneh, Z. Q., Awawdeh, M. A. i Alyassin, A. M. (2009): Radioactivity concentrations in soil and vegetables from the northern Jordan rift valley and the corresponding dose estimates. *Radiation Protection Dosimetry*, 134(1), 30-37.
- Al-Jundi, J. (2002): Population doses from terrestrial gamma exposure in areas near to old phosphate mine, Russaifa, Jordan. *Radiation Measurements*, 35, 23-28.
- Herak, M. (1990): Geologija. Školska knjiga, Zagreb, 433 str..
- Navas, A., Soto, J. i Machin, J. (2002): ^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{232}Th and ^{40}K activities in soil profiles of the Flysch sector (Central Spanish Pyrenees). *Applied Radiation and Isotopes*, 57, 579-589.
- Orescanin, V., Barisic, D., Lovrencic, I., Mikelic, L., Rozmaric-Macefat, M., Pavlovic, G. i Lulic, S. (2005): The influence of fly and bottom ash deposition on the quality of Kastela Bay sediments. *Environmental Geology*, 49, 53-64.
- Papachristodoulou, C. A., Assimakopoulos, P. A., Patronis, N. E. i Ioannides, K. G. (2003): Use of HPGe γ -ray spectrometry to assess the isotopic composition of uranium in soils. *Journal of Environmental Radioactivity*, 64, 195-203.

* Termin „sloj” se u ovom kontekstu koristi za označavanje različitih dubina unutar sedimenta zaljeva, a ne u primarnom geološkom smislu koji sloj definira kao mineralne ili kamene mase omeđene s dvije plohe (Herak, 1990).

** Prikazani rezultati su dobiveni istraživanjem u okviru projekta „Radionuklidi i elementi u tragovima u okolišnim sustavima” (šifra projekta: 098-0982934-2713) financiranom od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa, pod vodstvom dr. sc. Delka Barišića.